

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-005817

(43)Date of publication of application : 13.01.1998

(51)Int.Cl.

B21B 17/04

B21B 37/00

B21B 37/00

(21)Application number : 08-166123

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 26.06.1996

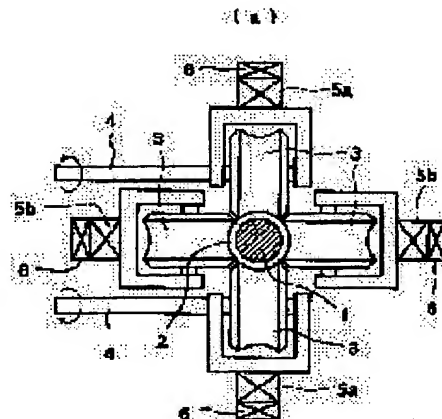
(72)Inventor : MORIBE KENJI

## (54) METHOD FOR ROLLING SEAMLESS STEEL TUBE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain the wall thickness variation reducing effect by estimating a draft amount to be applied onto four roll stands based on the external diameter of a core metal bar after heat expansion obtained by calculating and rolling the draft position of every two pairs of hole type rolls of crossing by right angle.

**SOLUTION:** The temperature distribution in axial length direction of a core metal bar 1 on two roll stand series and four roll stands are calculated, the external diameter distributing value after heat expansion is obtained and the average external diameter after heat expansion is calculated. Using the obtained average external diameter of the part used for rolling of the core metal bar 1, the roll gap tightening amount is calculated, the difference of wall thickness between the wall thickness of increased mass part of four places in the circumferential direction and the wall thickness of hole type groove bottom part is calculated. As the standard of an allowable wall thickness one-sided ratio required for the tube after rolling, the target wall thickness at each hole type groove bottom position of four hole type rolls 3... of the four roll stands is calculated, the wall thickness varying reduction requiring amount to be reduced is obtained. Further, the rolling load of the hole type rolls 3... is calculated, the mill spring amount of every two pairs of hole type roll pairs is calculated and the position of two pairs of hole type rolls is set.



(a)



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.12.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3082673

[Date of registration]

30.06.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 公 開 特 許 公 報 ( A )

(11) 特許出願公開番号

特開平10-5817

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月13日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 1 B 17/04			B 2 1 B 17/04	
37/00	B B S		37/00	B B S
				1 1 2 A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-166123

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月26日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 森部 憲二

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号住

友金属工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 森 道雄 (外1名)

(54) 【発明の名称】 継目無鋼管の圧延方法

(57) 【要約】

【課題】 2 ロールスタンド列の出側に4 ロールスタンドを設けたマンドレルミルによる心金棒共用化圧延法を提供する。

【解決手段】 その圧延中に4 ロールスタンドの直交する二対の各孔型ロールの圧下位置を変更するに際し、計算で求めた熱膨張後の心金棒外径をもとに4 ロールスタンドで付与すべき圧下量を予測し、この予測結果に基づいて二対の孔型ロール対毎の圧下位置を決定して圧延を行う。

【効果】 4 ロールスタンドによる偏肉矯正効果がより一段と向上し、円周方向および軸長方向ともに偏肉率の小さい管が得られる。また、心金棒の共用化圧延が可能な肉厚範囲が拡大し、仕上げ管肉厚が一定ピッチで変化する毎に行われていた心金棒替え作業の大幅な節減が図れるだけでなく、心金棒の保有数およびその置き場面積が少なく済み、これにこれによる大幅なコスト低減が図れる。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一对の孔型ロールを備えた複数の2ロールスタンド列の出側に、圧下方向が直交する二対の孔型ロールを備え、かつ直前の2ロールスタンドに対してその圧下方向が $45^\circ$ ずれた4ロールスタンドを配置し、心金棒を挿通した状態の素管をこれらのスタンド列に通して2ロールスタンド列で肉厚を減少させ、4ロールスタンドで円周方向の肉厚変動を減少させる継目無鋼管の圧延方法において、使用する心金棒の圧延中の軸長方向の外径分布の計算値から上記4ロールスタンドでの管軸長方向に対する平均圧下量を予測し、この予測結果に基づいて二対の各孔型ロールの圧下位置を決定することを特徴とする継目無鋼管の圧延方法。

【請求項2】 請求項1に記載の継目無鋼管の圧延方法において、使用する心金棒の圧延中の軸長方向の外径分布の計算値から上記4ロールスタンドでの管軸長方向に対する孔型ロールの圧下位置補正パターンを予測し、この予測結果に基づいてその圧延中に二対の各孔型ロールの圧下位置を修正することを特徴とする継目無鋼管の圧延方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、継目無鋼管の圧延方法に関し、より詳しくは、一对の孔型ロールを備えた複数の2ロールスタンド列からなるマンドレルミルなどの延伸圧延機における継目無鋼管の圧延方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 継目無鋼管を製造する方法の一つとして、延伸圧延機を用いた方法がある。この方法では、素材である丸ビレットを加熱炉で所定温度に加熱し、このビレットを穿孔圧延機に供して中空素管となし、引き続きその中空素管を延伸圧延機で減肉加工した後、仕上げ圧延機により所定寸法の外径に仕上げる。この時、上記の延伸圧延機としては、生産性の高いマンドレルミルが使用される場合が多くなってきている。

【0003】 図5は、マンドレルミルを用いた管圧延を示す図である。図5に示すように、マンドレルミルは、通常、一对の孔型ロール11、11を備えた2ロールスタンド10を6～8基連設して構成されている。各ロールスタンド10での圧下方向は、相互に $90^\circ$ ずつ順番にずれている。素管20は、心金棒30を挿入した状態で各スタンド10に通され、各スタンド10に備わる一对の孔型ロール11、11と心金棒30とによりその肉厚（外径）が順次減じられ、いわゆる減肉加工される。

【0004】 ここで、圧延後の管肉厚を変更する場合、すなわち同一外径で肉厚の異なる管を製造する場合には、通常、外径の異なる心金棒を用い、孔型ロール11、11と心金棒30の間隔（溝底肉厚）を変えることが行われる。

【0005】 図6および図7は、上記の方法を説明する

ための図で、図6および図7に示すように、一对の孔型ロール11、11としては、直径と長さが同一のものが使用され、その孔型溝底部の孔型半径 $R_0$ は同一である。また、孔型半径 $R_0$ の中心は、心金棒30の中心に一致させてあり、これがマンドレルミルを用いた管圧延の仕上げスタンドでの圧延の基本となる。

【0006】 そして、厚肉管を圧延する場合には、ロールギャップを $S_0$ に固定したまま、心金棒30の外径を $D_1$ から $D_2$ に小さくする一方、その中心を孔型半径 $R_0$ の中心に一致させることで、孔型ロール11と心金棒30の間隔（溝底肉厚）を $t_{c1}$ から $t_{c2}$ に増大させる。

【0007】 なお、圧延後の管肉厚を変更する他の方法としては、所定の外径の心金棒を用い、孔型半径 $R_0$ の異なる孔型ロールに取り替える方法がある。しかし、この方法は、孔型ロールの取り替えに伴って操業停止を余儀なくされる。また、その孔型ロールの組み替えに多大の工数を要するのみならず、孔型ロールの保有数も膨大になるなどの欠点があり、通常、採用されることはほとんどない。

【0008】 さらに、他の方法としては、通常、上記マンドレルミルが孔型ロールの圧下位置調整機構を備えるものであるので、この圧下位置調整機構を用いて上記のロールギャップ $S_0$ 、換言すれば孔型ロールの圧下位置を変更する方法もある。しかし、この方法は、一定外径の心金棒の中心と孔型ロールの孔型半径 $R_0$ の中心が一致しなくなるので、孔型ロールの孔型と心金棒との間隔が孔型円周方向で不均一になる。

【0009】 図8は、前述の図7に示す状態のロールギャップを $S_0$ から $S$ に小さくした状態を示す図である。図8に明らかなように、孔型半径 $R_0$ の中心が心金棒30の中心から外れ、孔型ロール11と心金棒30の間隔は溝底部の間隔が $t_{c2}$ から前述の図6に示したのと同じ $t_{c1}$ に減少するものの、溝底部以外の部分の間隔が大きくなり、円周方向で不均一になる。この結果、円周方向の4ヶ所（溝底からほぼ $45^\circ$ 変位した4位置）の肉厚 $t_1$ が最も厚くなる円周方向偏肉が発生する。逆に、上記のロールギャップを $S_0$ よりも大きくすると、円周方向の上記4ヶ所の肉厚が薄肉になる円周方向偏肉が発生する。

【0010】 図9は、その一例を示す図であり、同図（a）は上記のロールギャップ $S_0$ を $S$ と小さくして圧延して得られた管の円周方向偏肉の発生程度を、同図（b）に示す各位置で測定した結果を示している。この図9（a）から明らかなように、上記のロールギャップ $S_0$ を $S$ と小さくすればするほど、換言すればギャップ締め込み量を大きくすればするほど円周方向偏肉が顕著になることがわかる。

【0011】 なお、同図（a）における縦軸の肉厚偏差値は、ロールギャップを種々変化させて圧延を行った場合の実測値で、ロールギャップ締め込み量が0（ゼロ）

の場合の平均肉厚からの偏差で示した値である。また、横軸のロールギャップ締め込み量は、実圧延中のロールギャップを実測した値である。さらに、同図(b)中のX-XおよびX'-X'は、隣合う2ロールスタンドの圧下方向を示している。

【0012】上記の円周方向偏肉が許容される規格(含む顧客仕様)上の公差は、製品管の用途などによって異なりさまざまであるが、円周方向偏肉がマンドレルミルによる延伸圧延以外の各種の圧延工程においても発生すること、および寸法精度が製品品質の一部であることなどを考慮した場合、マンドレルミルによる延伸圧延において発生させ得る偏肉量の許容値は高々2%程度である。従って、上記孔型ロールの位置調整機構を用いてのロールギャップ変更、換言すれば孔型ロールの圧下位置変更による場合の肉厚変更の許容範囲は極めて狭く、仮にこの方法を用いて心金棒の共用化を図ったとしてもさほどの効果は得られない。

【0013】このようなことから、現状では孔型ロールやそのロールギャップ変更を行わずに外径の異なる心金棒を用いて孔型ロールと心金棒との間隔を変えて圧延後の管肉厚を変更するようにしている。

【0014】ところが、この外径の異なる心金棒を用いる方法による場合には、得るべき肉厚に対応する数の膨大な本数の心金棒を保有する必要がある。すなわち、マンドレルミルによる延伸圧延では、通常、0.5mmの肉厚ピッチで圧延スケジュールが決定されており、心金棒の外径は1.0mmピッチで変化する。また、この心金棒は、圧延後の管から引き抜いて冷却した後、その外面に潤滑剤を塗布して次の圧延に供するというように循環使用されるので、1種類の肉厚の管を圧延するためには通常10数本程度の心金棒が必要とされる。以上の理由から、膨大な本数の心金棒が必要になるのである。

【0015】このような問題を解決する方法としては、従来から種々の方法が提案されており、例えば特開昭62-28011号公報には、次に示すような方法が提案されている。

【0016】図10は、その方法を示す図であり、図10に示すように、素管の減肉を行う一対の孔型ロール11、11を備える2ロールスタンド列を構成する最終スタンド(同図(a)参照)の出側に、圧下方向が直交する二対の孔型ロール21、21、21、21を備える4ロールスタンドを、両者の孔型溝底の圧下方向が45°位相するように配置(同図(b)参照)したマンドレルミルを用い、2ロールスタンド列で生じた偏肉を4ロールスタンドによって解消する方法である。

【0017】すなわち、この方法による場合には、同一外径D<sub>2</sub>の心金棒30を用い、2ロールスタンド列でのロールギャップをS<sub>0</sub>からSに締め込んだときに発生する円周方向4ヶ所の増肉部分が、ロールギャップを締め込んだ心金棒30と孔型ロール21の孔型との間隔変

化が孔型円周方向で小さい4ロールスタンドでの圧延によって解消され、円周方向偏肉の小さい管が得られる。

【0018】なお、特開平6-87008号公報にも、上記同様の4ロールスタンドを用いた類似の方法が提案されている。しかし、そこに示される方法の基本的な技術思想は上記特開昭62-28011号公報に示される方法と同じである。

【0019】しかし、上記いずれの公報にも、各スタンドのロール圧下量を変更する旨の記載はあるが、その具体的な変更手段、特に4ロールスタンドの各孔型ロールの圧下位置の変更手段については何等の記載もない。従って、そのロール圧下量の変更方法は、4ロールスタンドに対しても、2ロールスタンドでの公知技術が適用されているにすぎないものと推定される。すなわち、圧延後の管の円周方向の実測平均肉厚、あるいは圧延後の管長さの実測値から求められる平均肉厚と目標肉厚との偏差値に制御用の補正係数を乗じて補正值を求め、この補正值に基づいて次回圧延材圧延時の4つの孔型ロールの圧下位置を一律に修正するにすぎないものと推定される。

【0020】また、管の軸長方向の肉厚を均一化する方法としては、例えば特開昭61-74719号公報に示されるように、圧延中に検出した圧延荷重とミル定数からミルの伸び量を求め、このミル伸び量に基づいて孔型ロールの圧下位置を設定し制御するようにした方法がある。しかし、そこに示される方法は、一対の孔型ロールを備える2ロールスタンド列からなるマンドレルミルを対象とするものでしかなく、2ロールスタンドによる管圧延とはその圧延特性が全く異なる4ロールスタンドによる管圧延の際の管軸長方向の肉厚を均一化する手段については一切示されていない。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】前述したように、2ロールスタンド列の出側に4ロールスタンドを配置したマンドレルミルを用いる心金棒共用化圧延法においては、2ロールスタンド列でロールギャップを締め込み、孔型半径の中心が心金棒の中心から外れた状態で圧延を行うことにより、孔型半径の中心と心金棒の中心が一致している通常圧延で得られる肉厚より薄い肉厚の管を得る。その後、2ロールスタンド列でロールギャップを締め込んだことによって発生した溝底から45°の4位置の増肉部分を、その心金棒と孔型ロールの孔型との間隔変化が円周方向で小さい1基の4ロールスタンドによる圧延によって解消する。

【0022】すなわち、4ロールスタンドは各孔型ロールに圧下調整機構を有しており、同一外径の心金棒で異なった肉厚の管に圧延するために2ロールスタンドで孔型ロールの圧下位置を変化させてロールギャップを締め込んだ場合、4ロールスタンドでもその孔型ロールの圧下位置を変化させてそのロールギャップを調整すること

10

20

30

40

50

によって、2ロールスタンド列で発生した円周方向の肉厚変動を減少解消させる。

【0023】従って、この心金棒共用化圧延法では、4ロールスタンドでの高精度なロールギャップ調整、すなわち高精度な各孔型ロールの圧下位置調整の可否が、2ロールスタンドでの肉厚変更範囲を拡大させ得て心金棒共用化効果を引き出し得るか否かを決定する重要な因子になる。

【0024】ところが、実際の圧延では、用いる心金棒の外径がその使用中に変動し、これに伴って各スタンドでの圧下量、特に4ロールスタンドでの圧下量が不均一になり、4ロールスタンドによる偏肉矯正効果を十分に発揮され得ないという問題があった。

【0025】しかし、上記の特開昭62-28011号公報および特開平6-87008号公報には、上記心金棒の外径変動に起因する4ロールスタンドでの圧下量不均一に起因する問題点を解決する方策については何らの手段も示唆されておらず、しかも4ロールスタンドに対しては、前述したように、2ロールスタンドでの公知技術が単に適用されているにすぎないので、4ロールスタンドを有効かつ十分に機能させ得ていないという欠点があった。

【0026】また、上記特開昭61-74719号公報には、前述したように、2ロールスタンドによる管圧延時の軸長方向肉厚の変動を解決する手段が示されるのみで、2ロールスタンドによる管圧延とはその圧延特性が全く異なる4ロールスタンドによる管圧延時における軸長方向肉厚の変動を解決する方策については、何らの手段も示唆されていない。

【0027】本発明は、上記の実情に鑑みてなされたもので、その課題は、2ロールスタンド列の出側に4ロールスタンドを連設したマンドレルミルによる心金棒共用化圧延時に、心金棒の外径変動に起因して2ロールスタンド列で顕著に発生する円周方向偏肉と軸長方向偏肉とを、4ロールスタンドにおいてより効果的に矯正できる継目無鋼管の圧延方法を提供することにある。

【0028】

【課題を解決するための手段】本発明の要旨は、次の(1)および(2)の継目無鋼管の圧延方法にある。

【0029】(1) 一対の孔型ロールを備えた複数の2ロールスタンド列の出側に、圧下方向が直交する二対の孔型ロールを備え、かつ直前の2ロールスタンドに対してその圧下方向が45°ずれた4ロールスタンドを配置し、心金棒を挿通した状態の素管をこれらのスタンド列に通して2ロールスタンド列で肉厚を減少させ、4ロールスタンドで円周方向の肉厚変動を減少させる継目無鋼管の圧延方法において、使用する心金棒の圧延中の軸長方向の外径分布の計算値から上記4ロールスタンドでの管軸長方向に対する平均圧下量を予測し、この予測結果に基づいて二対の各孔型ロールの圧下位置を決定するこ

とを特徴とする継目無鋼管の圧延方法。

【0030】(2) 上記(1)の継目無鋼管の圧延方法において、使用する心金棒の圧延中の軸長方向の外径分布の計算値から上記4ロールスタンドでの管軸長方向に対する孔型ロールの圧下位置補正パターンを予測し、この予測結果に基づいてその圧延中に二対の各孔型ロールの圧下位置を修正することを特徴とする継目無鋼管の圧延方法。

【0031】本発明者は、2ロールスタンド列と4ロールスタンドによる管圧延の特性を詳細に調べた結果、次のことを知見し、本発明をなすにいたった。

【0032】圧下方向が直交する二対の孔型ロールを備える4ロールスタンドを用い、一対の孔型ロールを備える2ロールスタンド列のロールギャップを締め込んで圧延した場合に発生する肉厚変動を効率よく矯正圧延し、この際、広い肉厚範囲にわたって同一外径の心金棒を共通使用するためには、4ロールスタンドで加えるべき各孔型ロールの圧下量を適切な値に設定するとともに、管の円周方向と軸長方向に均一に圧下を加えることが必要であることを見出した。

【0033】すなわち、2ロールスタンドのロールギャップを締め込んで圧延した場合、管の円周方向の4箇所発生する増肉部分の肉厚と孔型ロールの溝底部分に対応する薄肉部分の肉厚との肉厚差は、ロールギャップの締め込み量を大きくすればするほど大きくなる。

【0034】一方、上記の肉厚差が小さい場合、4ロールスタンドにおける各孔型ロールで付与する圧下量としては小さな値で十分で、その増肉部分の肉厚を容易に減じ得て円周方向偏肉をなくすことができる。しかし、上記の肉厚差が大きい場合には、2ロールスタンドで発生した4箇所の増肉部分を4ロールスタンドの各孔型ロールでより均等かつ適切な圧下量で圧下しないと、2ロールスタンドで発生した円周方向偏肉が解消しないばかりか、4ロールスタンドで新たな円周方向偏肉を発生させるので、各孔型ロールの圧下量が過大にならないように精度よく各孔型ロールの圧下位置を設定する必要がある。

【0035】ところが、実際の圧延では、前述したように、心金棒の外径がその使用中に変動し、これに伴って各スタンド、特に4ロールスタンドでの圧下量が不均一になる。

【0036】すなわち、心金棒としては、通常、その使用前の温度が常温のものが用いられるので、圧延中に温度上昇し、熱膨張してその外径が大きくなる。しかも、その熱膨張後の外径は、使用初期と一定本数の圧延に供した後とでは温度上昇の程度が異なるために変動する。従って、2ロールスタンド列の仕上げスタンドおよび4ロールスタンドに到達した時点における心金棒の外径は、同一の心金棒であっても、その繰返し使用のたびに異なることになる。

【0037】また、心金棒の外径は、その軸長方向でも変動する。すなわち、心金棒の軸長方向の各部分は、1本の管圧延において減肉圧延に使用される回数が異なる。従って、軸長方向の各部分での昇温程度が異なり、軸長方向に温度分布が生じて熱膨張後の外径が軸長方向で変動する。

【0038】これに対し、各スタンド、特に2ロールスタンド列の仕上げスタンドでのロールギャップ締め込み量は、管の目標仕上げ肉厚と心金棒の外径によって決定される。従って、心金棒の外径が心金棒共用化圧延に際して定めたスケジュール寸法よりも大きい場合には、目標仕上げ肉厚を得るためにロールギャップを開く必要がある。その結果、2ロールスタンド列により圧延された管の円周方向の偏肉量は、図9に示したように、スケジュールに基づいてロールギャップを狭くした通常の心金棒共用化圧延時に発生する偏肉量よりも小さくなる。そして、この円周方向偏肉量の小さくなった管を、上記通常の心金棒共用化圧延時の円周方向偏肉が解消できるように孔型ロールの圧下位置が設定された4ロールスタンドで圧延した場合には、その圧下量が過大となり、目標とする偏肉修正効果が得られなくなる。

【0039】上記4ロールスタンドにおける圧下量の過大化は、心金棒の外径が上記のように変動するので、管1本毎に異なるのみならず、1本の管においてもその軸長方向で異なることになる。

【0040】この問題を解決するには、圧下量が過大にならないように、各スタンドの孔型ロール圧下位置を精度よく設定する必要があり、そのためには、その繰り返し使用の都度および使用中に外径が変動する心金棒の外径、換言すれば2ロールスタンド列、特にその仕上げスタンドと4ロールスタンドとで管圧延するときの心金棒の実質的な熱膨張後の軸長方向の外径分布を計算により求め、この計算値を用いて各スタンド、特に4ロールスタンドでの管軸長方向に対する平均圧下量、さらには管軸長方向に対する孔型ロールの圧下位置補正パターンを予測し、この予測結果に基づいて4ロールスタンドの各孔型ロールの圧下位置を調整すればよいことを知見した。

#### 【0041】

【発明の実施の形態】以下、本発明の方法を、添付図面を参照して詳細に説明する。

【0042】一対の孔型ロールを備える2ロールスタンドの管圧延機では、通常、圧延荷重によるミルスプリング量の分だけ一対の孔型ロールをパスラインに対して均等に締め込んだ状態にして目標肉厚の仕上げ管を圧延するようにしている。

【0043】この場合、各スタンドの孔型ロールの設定圧下位置精度を向上させるには、ミルスプリング量を精度よく予測するだけでなく、圧延使用時における心金棒の外径をも精度よく予測して孔型ロールの圧下位置の

設定を行う一方、その圧延中に管軸長方向の各位置に対して孔型ロールの圧下位置補正を行う必要がある。

【0044】さらに、心金棒共用化圧延法においては、心金棒の外径変動に起因して発生する偏肉量が変わるので、圧延使用時における熱膨張後の心金棒外径を計算によって求め、この熱膨張後の心金棒外径を用いて2スタンド列で発生する円周方向と軸長方向の偏肉量を予測し、この予測結果に基づいて4ロールスタンドで付与すべき圧下量を決定するとともに、その圧延中に孔型ロールの圧下位置を調整制御して管全長にわたって偏肉修正に必要な前記の圧下量を加える必要がある。

【0045】本発明は、2ロールスタンド列の出側に4ロールスタンドが配置されたマンドレルミルによる管圧延時に、4ロールスタンドに対して上記の圧下位置制御を施す方法であり、これによって4ロールスタンドでの心金棒軸長方向の外径変動に起因する圧下量変動を可及的に減少させることができ、管全長にわたっての円周方向偏肉と軸長方向偏肉の修正精度を高めることが可能になる。

【0046】図1は、本発明の方法を実施するための4ロールスタンドとその制御装置の構成例を示す図であり、同図(a)は4ロールスタンドの構成例を示す正面図、同図(b)はその制御装置の構成例を示す図である。また、図2および図3は、制御装置を構成する計算機内における処理フローを示す図である。

【0047】図1(a)に示すように、本発明で用いる4ロールスタンドは、図示しない2ロールスタンド列から排出され、心金棒1が挿通された状態の圧延材2を二対の孔型ロール3、3、3、3により圧延するようになっている。各孔型ロール3は、いずれも荷重検出器6を備える圧下機構5a、5aと5b、5bに軸支されている。

【0048】また、図1(b)に示すように、その制御装置は上記の各圧下機構5a、5bを統括制御する圧下制御系7と、この圧下制御系7に指令を発する計算機8とで構成されている。

【0049】以下、上記のように構成された4ロールスタンドと制御装置を用いる本発明の方法について、上記計算機8内の処理フローを示す図2および図3を参照して詳細に説明する。

【0050】図2に示すように、本発明においては、まず、圧延に先立って計算機8に、圧延材2の材質(変形抵抗 $k_f$ )と温度 $T$ 、および得べき管の目標外径 $D$ と目標肉厚 $t$ 、並びに使用する心金棒の軸長方向の外径分布値 $D_{wi}$ を入力する。

【0051】これらの値が入力された計算機8は、2ロールスタンド列の各スタンドの基準ロールギャップ $S_0$

(前述の図5参照)を、予め定められたテーブルから選定するか、もしくは実験などにより予め定められた適宜な計算式により求める一方、2ロールスタンド列と4ロ

10

20

30

40

50

ールスタンドでの心金棒の軸長方向の温度分布 $T_{Di}$ を予測計算し、この予測値 $T_{Di}$ と入力された心金棒の外径分布値 $D_{wi}$ とをもとに、2ロールスタンド列と4ロールスタンドにおいて実際の圧延に使用される心金棒の軸長方向各部分の熱膨張後の外径 $D'_{wi}$ 分布値を求め、この求めた外径 $D'_{wi}$ 分布値に基づいて熱膨張後の平均外径 $D_x$ を計算によって求める。

【0052】そして、求められた心金棒の圧延に使用される部分の平均外径 $D_x$ を用い、2ロールスタンド列の各スタンドの基準ロールギャップ $S_0$ （前述の図6参\*10

$$D'_{wi} = D_{wi} \times \{1 + \gamma \times (T_{Di} - T_0)\} \quad \dots \dots (1)$$

【0055】

※ ※【数1】

$$D_x = \sum_{i=1}^n D'_{wi} / n \quad \dots \dots \dots (2)$$

【0056】

$$G_i = S_0 - S = 2(R_0 - t_{ci}) - D_x \quad \dots \dots \dots (3)$$

上記心金棒の軸長方向の外径分布値 $D_{wi}$ としては、使用に際しての摩耗量が少なく、実質的に無視し得る場合には、その製作時に測定した実測既知値を用いればよい。

【0057】さらに、求められた2ロールスタンド列の各スタンドのロールギャップ締め込み量 $G_i$ をもとに、2ロールスタンド列での圧延により発生する管円周方向の偏肉発生量、すなわち、円周方向4箇所の増肉部分の肉厚 $t_{i'}$ と孔型溝底部分の肉厚 $t_{ci}$ （前述の図8参照）との肉厚差 $\Delta t$ を予測計算する。

【0058】ここで、上記の増肉部分の肉厚 $t_{i'}$ と孔型溝底部分の肉厚 $t_{ci}$ との肉厚差 $\Delta t$ は、予め2ロールスタンド列でロールギャップを締め込んだ圧延を行い、この時に得られた管の円周方向の肉厚分布とロールギャップとの関係から適宜な実験式を作成し、この実験式を用いて予測計算する。

【0059】なお、増肉部分の最大肉厚 $t_{i'}$ は、上記実験式による予測計算に代えて、2ロールスタンド列の仕上げスタンドの孔型形状から幾何学的に予測計算することも可能である。しかし、この幾何学的予測計算は、ロールギャップ締め込み量の小さい領域では精度が劣るので、推奨できない。

★

$$\Delta t' = t_{i'} - t_{ci}' \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$t_{ci}' = t_{ci} \times \beta \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$P_i = f(\Delta t', k_{f(T)}) \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$M_{si} = P_i / M_0 \quad \dots \dots \dots (7)$$

$$G_{pi} = S_0 - G_i - M_{si} \quad \dots \dots \dots (8)$$

心金棒共用化圧延の際、4ロールスタンドの各孔型ロールの圧下位置を、上記のようにして位置制御して圧延を行う場合には、心金棒の外径変動に起因して発生する偏肉、特に管軸長方向の偏肉を可及的に小さくすることが可能となる。

【0064】ところで、上記の圧延方法は、圧延使用時の熱膨張後の心金棒外径として、実際の圧延に使用される心金棒の軸長方向各部分の平均値を用いる方法である

\*照) に対する心金棒共用化圧延に必要なロールギャップ締め込み量 $G_i$ を計算する。

【0053】ここで、熱膨張後の外径 $D'_{wi}$ 、平均外径 $D_x$ およびロールギャップ締め込み量 $G_i$ は、上記 $D_{wi}$ 測定時または心金棒製作時の心金棒温度を $T_0$ 、心金棒の熱膨張係数を $\gamma$ 、孔型溝底部分の肉厚を $t_{ci}$ とすると、下記(1)～(3)式により、それぞれ求めることができる。

【0054】

★【0060】次いで、圧延後の管に要求される許容偏肉率を基準に、4ロールスタンドの4つの孔型ロール3、3、3、3の各孔型溝底位置における目標肉厚 $t_{ci}'$ を予測計算し、4ロールスタンドで減少させるべき肉厚変動減少必要量 $\Delta t'$ を求める。

【0061】さらに、上記肉厚変動減少必要量 $\Delta t'$ を得るために必要な4つの孔型ロール3、3、3、3の圧延荷重 $P_i$ を予測計算する。そして、この予測計算して求められた圧延荷重 $P_i$ と予め測定したミル剛性値 $M_0$ とに基づいて二対の孔型ロール対毎のミルスプリング量 $M_{si}$ を計算し、このミルスプリング量 $M_{si}$ に相当する分だけロールギャップを締め込んだ圧下位置 $G_{pi}$ に二対の孔型ロール対を位置設定する。

【0062】ここで、上記の肉厚変動減少必要量 $\Delta t'$ 、目標肉厚 $t_{ci}'$ 、圧延荷重 $P_i$ 、ミルスプリング量 $M_{si}$ および圧下位置 $G_{pi}$ は、材料の圧延温度を $T$ 、材料の変形抵抗を $k_f$ 、目標偏肉率を $\beta$ とすると、例えば下記(4)～(8)式により、それぞれ求めることができる。

【0063】

が、これに加えて次に述べるようにして圧延を行う場合には、その偏肉矯正効果をより高めることができる。

【0065】その圧延方法は、図2の処理フローにおける「※」印を付した処理後に、図3に示す処理フローに従って4ロールスタンドの各孔型ロールの圧下位置を制御して圧延を行う方法である。

【0066】すなわち、図2の上から3番目で求めた2ロールスタンド列の仕上げスタンドでの管圧延時にお



る心金棒の軸長方向の外径分布から、2ロールスタンド列による圧延後の管に発生する円周方向4箇所の増肉部分の肉厚 $t_{1j}'$ と孔型溝底部分の肉厚 $t_{G1}$ （前述の図8参照）との肉厚差 $\Delta t$ の管軸長方向各位置の偏肉分布 $\Delta t_j$ と、管軸長方向各位置の肉厚減少必要量分布 $\Delta t_j'$ を計算する。

【0067】次いで、上記管軸長方向各位置での肉厚減少必要量分布 $\Delta t_j'$ を得るのに必要な4ロールスタンドでの管軸長方向各位置の圧延荷重分布 $P_j'$ を予測計算する。

【0068】さらに、この予測計算して求めた圧延荷重分布 $P_j'$ と、予め測定したミル剛性値 $M_G$ とに基づいて4ロールスタンドの二対の孔型ロール対毎のミルスプリング量分布 $M's_j$ を計算し、このミルスプリング量分布 $M's_j$ に相当する分だけロールギャップを締め込んだ孔型ロールの管軸長方向各位置の圧下位置分布 $G'_{Pi}$ を\*

$$\Delta t_j' = t_{1j}' - t_{G1} \quad \dots \dots \dots (9)$$

$$t_{G1}' = t_{G1} \times \beta \quad \dots \dots \dots (10)$$

$$P_j = f(\Delta t_j', k_f(r)) \quad \dots \dots \dots (11)$$

$$M's_j = P_j' / M_G \quad \dots \dots \dots (12)$$

$$G'_{Pi} = S_0 - G_i - M's_j \quad \dots \dots \dots (13)$$

$$GP = G_{Pi} - G'_{Pi} \quad \dots \dots \dots (14)$$

上記いずれかの方法によって4ロールスタンドの二対の孔型ロールの圧下位置をその圧延中に変更設定する場合には、心金棒の軸長方向の外径変動に起因して発生する偏肉少なくすることが可能となり、管円周方向は勿論、管軸長方向の偏肉率の小さい製品を得ることができる。

【0073】

【実施例】6基の2ロールスタンドを連設したマンドレルミルを用い、外径173mm、肉厚36mmの素管を  
30 外径151mm、肉厚25mmの仕上げ管に圧延する場合を通常圧延として心金棒共用化圧延を行った。この際、心金棒共用化圧延時には6基の2ロールスタンド列の出側に1基の4ロールスタンドを配置し、各スタンド

\*計算する。

【0069】その後、この孔型ロールの管軸長方向各位置の圧下位置分布 $G'_{Pi}$ と、図2において決定した4ロールスタンドの孔型ロールの圧下設定位置 $G_{Pi}$ （図2中の「※」工程）とから、4ロールスタンドの二対の孔型ロール対の圧下位置パターンGPを決定する。

10 【0070】そして、その圧下位置が上記 $G_{Pi}$ 位置に設定された4ロールスタンドの孔型ロールの圧下位置を、1本の管圧延中に上記圧下位置パターンGPに基づいて位置制御しつつ圧延を行う。

【0071】ここで、上記の偏肉分布 $\Delta t_j$ 、肉厚減少必要量分布 $\Delta t_j'$ 、目標肉厚 $t_{G1}'$ 、圧延荷重分布 $P_j'$ 、ミルスプリング量分布 $M's_j$ 、設定位置分布 $G'_{Pi}$ および圧下位置パターンGPは、例えば下記(9)～(14)式により、それぞれ求めることができる。

【0072】

でのロールギャップを締め込んで圧延を行った。

【0074】そのときの圧延条件を表1に示す。

【0075】なお、6基の2ロールスタンドのうちの後段2スタンドが仕上げスタンドであり、この2スタンドの孔型ロールの孔型を、その溝底部の孔型半径 $R_2$ が73.5mmで、溝底中央からフランジ方向への角度 $\theta$ が50°の孔型とした。また、4ロールスタンドの孔型ロールの孔型は、その溝底部の孔型半径 $R_4$ が73.5mmで、溝底中央からフランジ方向への角度 $\theta$ が30°の孔型とした。

【0076】

【表1】

表 1

		圧 延 方 法	
		通常圧延	心金棒共用化圧延
			従 来 例      本 発 明 例
圧延スタンド		2ロールスタンド×6	2ロールスタンド×6 + 4ロールスタンド×1
素管寸法		外径173mm×肉厚36mm	
仕上げ管寸法		外径151mm×肉厚25mm	
心金棒外径		97mm	87mm
2ロール圧延ギャップ		15.0mm	5.0mm
ロールの 孔型	2ロール #5、#6スタンド	$R_2 = 73.5\text{mm}$ 、 $\theta = 50^\circ$	
	4ロールスタンド	—	$R_4 = 73.5\text{mm}$ 、 $\theta = 30^\circ$

【0077】通常圧延では、前述の図6に示すように、2ロールスタンド列出側で円周方向に均一な管肉厚が得られるように、その孔型半径( $R_0 = R_2 = 73.5\text{ mm}$ )から決定される外径 $D_1$ が97mmの心金棒30(1)を用いて圧延を行った。このとき、そのロールギャップ $S_0$ は、孔型を設計したときの基準ギャップである15mm(ギャップ締め込み量=0mm)に設定した。その結果、前述の図9(a)中に●印で示す円周方向の肉厚分布を有する管が得られた。

【0078】これに対し、前述の図8に示すように、外径 $D_2$ が87mmの心金棒30(1)を用いる一方、2ロールスタンド列のロールギャップを締め込み、後段2段のスタンドのロールギャップを基準ギャップ $S_0$ の15mmから10mm締め込んで $S=5\text{ mm}$ に設定して、2ロールスタンド列のみで心金棒共用化圧延を行ったところ、孔型溝底部分の管肉厚 $t_{c1}$ は25mmで上記通常圧延の場合と同じであった。しかし、溝底中央からほぼ45°離間した最大肉厚部分の管肉厚 $t_1'$ は26.3mmと大きくなっており、円周方向の肉厚分布の変動量が極めて顕著であった。

【0079】そこで、上記2ロールスタンド列のみでの心金棒共用化圧延に際し、その出側に4ロールスタンドを1基連設し、この4ロールスタンドの各孔型ロールの圧下位置を従来の方法と本発明の方法とを用いて調整制御する心金棒共用化圧延をそれぞれ30本ずつ行い、4ロールスタンドによる円周方向と軸長方向の偏肉矯正効果を、下式によって求められる偏肉率で評価した。

【0080】偏肉率(%) = { (最大肉厚 - 最小肉厚) / 平均肉厚 } × 100

なお、2ロールスタンド列および4ロールスタンドのミルセンター調整は、実生産時と同様にロール組み替え時にハウジングと孔型ロールの孔型センターを調整した後、ハウジングを圧延ラインに組み込んで、その各孔型センターを一致させた。

【0081】また、2ロールスタンド列での各孔型ロールの圧下位置の零点調整は、実生産時と同様に一对の孔型ロールのフランジ部同士を接触させ、一定の負荷を加えたときの圧下位置を零点とした。一方、4ロールスタンドについては、2ロールスタンドと同様な零点調整が孔型ロール形状(フランジ面がロール軸心に対して平行でない)の制約により行えないため、無負荷時のロールギャップを実測し、この実測値と各孔型ロールの圧下機構中に組み込まれた位置検出器の指示値とから補正を行って得られた圧下位置を零点とした。

【0082】さらに、本発明の方法を適用した場合、そのロールギャップ締め込み量を10mmにした2ロールスタンド列出側での円周方向の4箇所を増肉部分を有する管の円周方向偏肉をなくすには、4ロールスタンドの孔型溝底部分で前記増肉部分の肉厚を2mm減肉させる必要があったので、これをもとに図2および図3に示す

手順によってその圧下位置を調整制御した。

【0083】結果を、表2および図4に示した。

【0084】

【表2】

表 2

圧 延 方 法		偏 肉 率
心金棒	従 来 例	5.97%
共用化圧延	本発明例	4.53%

【0085】表2に示す結果から明らかなように、マンドレルミルで圧延された管の円周方向偏肉は、例えば素管の円周方向偏肉など様々な要因で発生し、本実施例においても円周方向偏肉が発生している。しかし、従来方法により2ロールスタンド列で心金棒共用化圧延を行い、4ロールスタンドで円周方向偏肉を矯正圧延した場合には、その偏肉率が5.97%であった。これに対し、2ロールスタンド列で心金棒共用化圧延を行い、本発明の方法に従って4ロールスタンドで円周方向偏肉を矯正圧延した場合には、その偏肉率4.53%と大幅に向上した。

【0086】また、図4に明らかなように、その軸長方向の偏肉率についても、従来方法によって圧延した場合に比べて本発明の方法で圧延した場合は大幅に向上した。

【0087】

【発明の効果】本発明の方法によれば、計算で求めた熱膨張後の心金棒外径をもとに4ロールスタンドで付与すべき圧下量を予測し、この予測結果に基づいて圧下位置の零点調整を高精度に行うことが困難な4ロールスタンドの直交する二対の孔型ロール対毎の圧下位置を調整設定しつつ圧延を行うので、4ロールスタンドの肉厚変動減少効果をより効果的に発揮させることができる。その結果、円周方向および軸長方向ともに偏肉の小さい管が得られるのみならず、心金棒の共用化圧延可能な寸法範囲が拡大し、仕上げ管肉厚が一定ピッチで変化する毎に行われていた心金棒替え作業の大幅減少が図れる。また、心金棒の保有数およびその置き場面積が少なく済み、これによる大幅なコスト低減が図れるなど、本発明は多大の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の方法において用いられる4ロールスタンドと制御装置の構成例を示す図で、同図(a)は4ロールスタンドの構成例を示す模式的正面図、同図(b)はその制御装置の構成例を示す図である。

【図2】本発明の方法における4ロールスタンドの孔型ロールの圧下位置制御のフローチャートを示す図である。

【図3】本発明の他の方法における4ロールスタンドの孔型ロールの圧下位置制御のフローチャートを示す図で

ある。

【図4】実施例の結果を示す図である。

【図5】マンドレルミルによる管の圧延状態を示す模式的斜視図である。

【図6】2ロールスタンド列の仕上げスタンドにおいて、基準ロールギャップ下で大径の心金棒を用いた管の圧延状態を示す模式的正面図である。

【図7】2ロールスタンド列の仕上げスタンドにおいて、基準ロールギャップ下で小径の心金棒を用いた管の圧延状態を示す模式的正面図である。

【図8】2ロールスタンド列の仕上げスタンドにおいて、基準ロールギャップよりも小さいロールギャップ下で小径の心金棒を用いた管の圧延状態を示す模式的正面図である。

【図9】ロールギャップの締め込み量が円周方向偏肉に

10

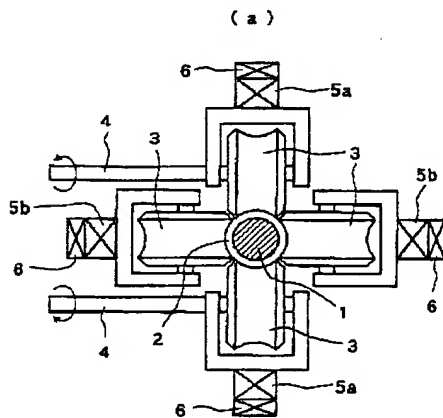
及ぼす影響を示す図で、同図(a)はロールギャップの締め込み量と円周方向偏肉分布の一例を示す図、同図(b)は肉厚測定位置を示す図である。

【図10】4ロールスタンドを用いた心金棒共用化圧延を説明するための図で、同図(a)は2ロールスタンド列の最終仕上げスタンドを示す模式的正面図、同図(b)は4ロールスタンドを示す模式的正面図である。

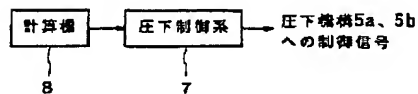
【符号の説明】

- 1：心金棒、
- 2：圧延材、
- 3：孔型ロール、
- 4：駆動軸、
- 5a、5b：压下機構、
- 6：荷重検出器、

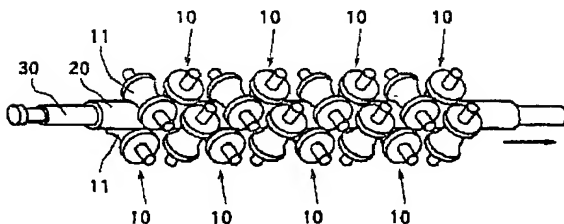
【図1】



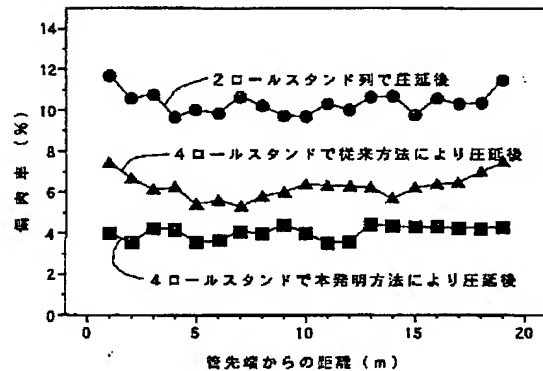
(b)



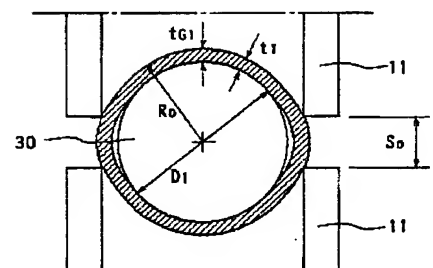
【図5】



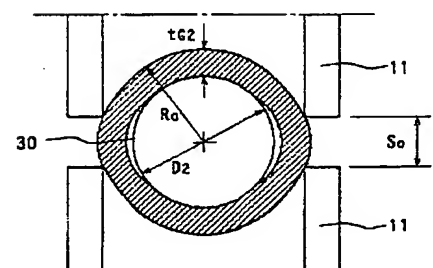
【図4】



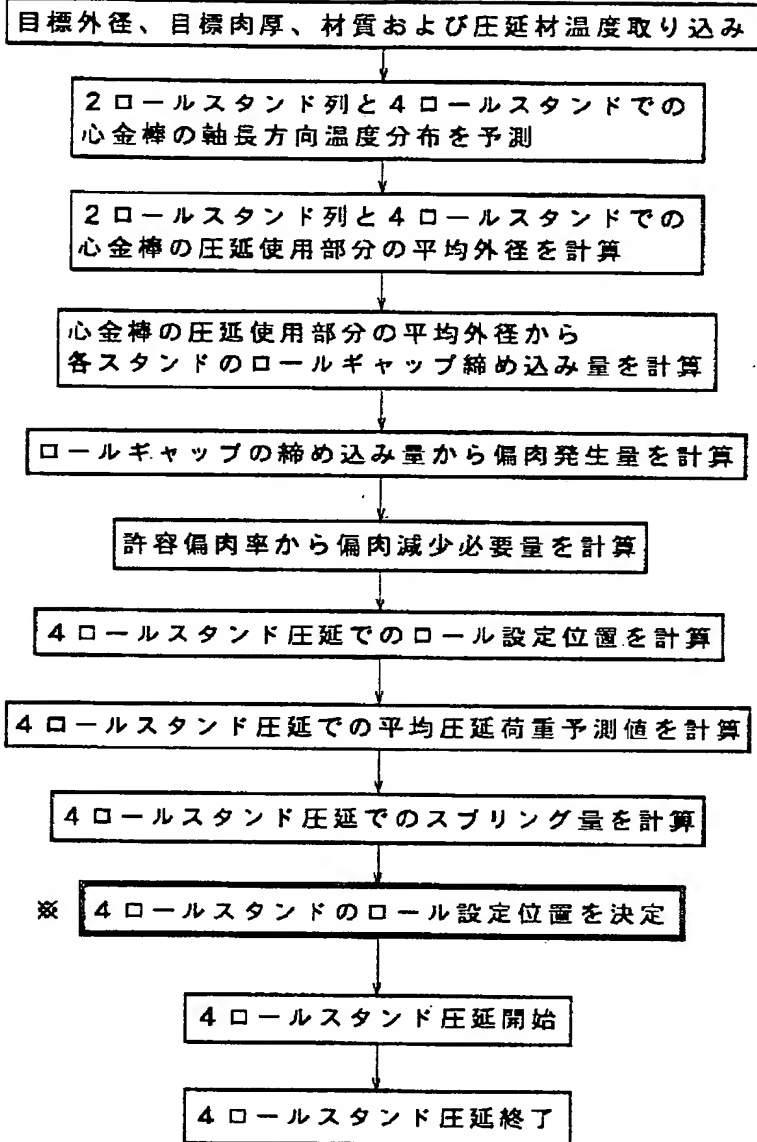
【図6】



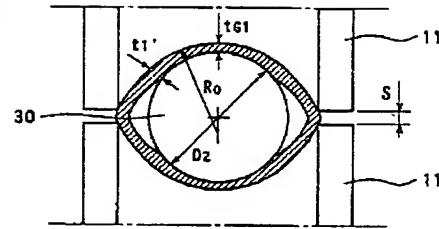
【図7】



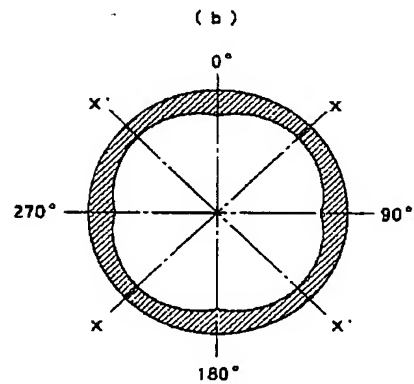
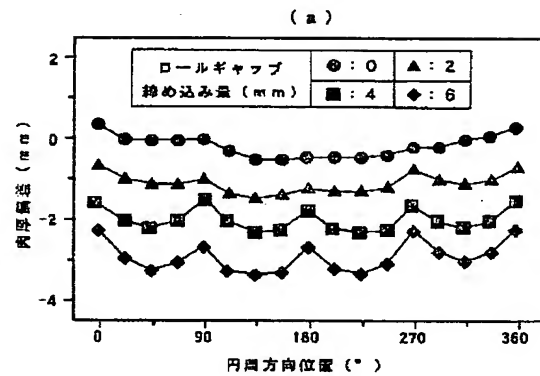
【図2】



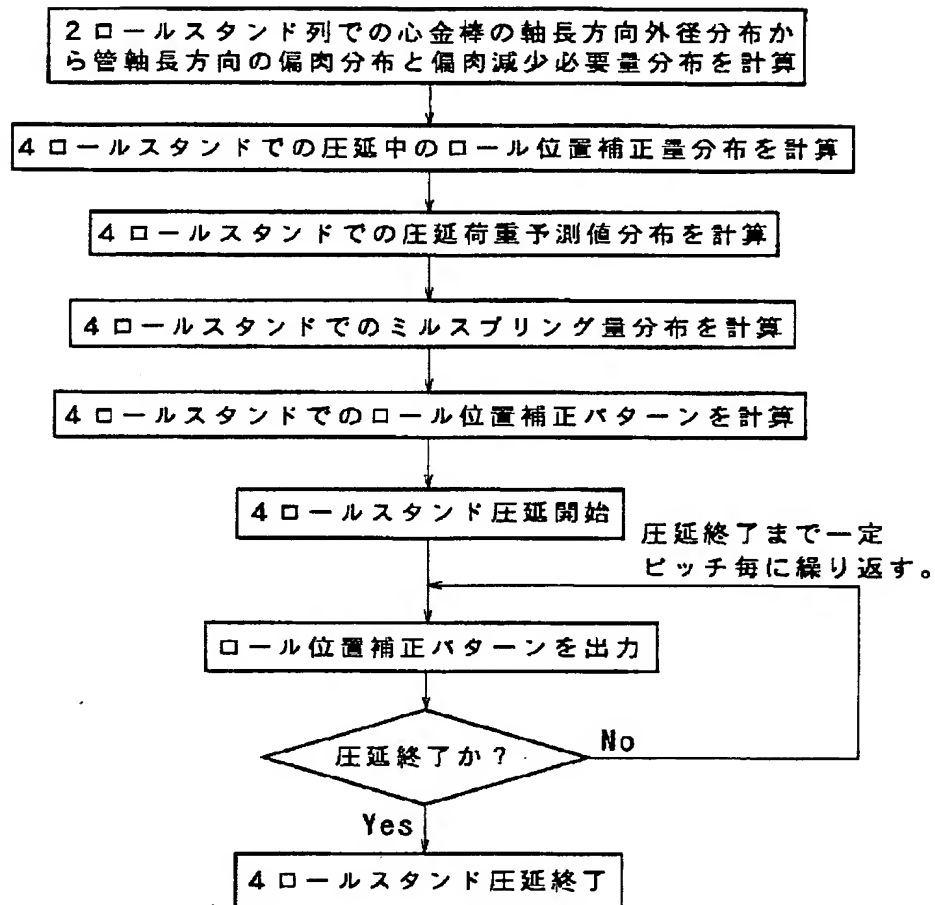
【図8】



【図9】



【図3】



【図 10】

